

การทดลองที่ 6

เรื่อง การกำทอนทางไฟฟ้า

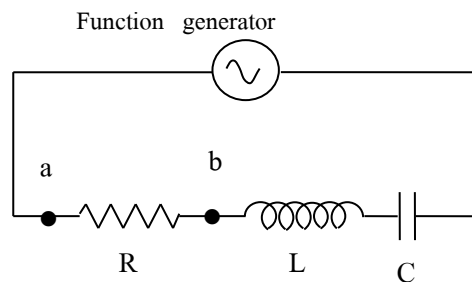
วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการเกิดการกำทอนในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับเมื่อต่อวงจร RLC แบบอนุกรม

ทฤษฎี

ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่ประกอบด้วย R , C และ L เมื่อกระแสไฟฟ้า i จะเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับความถี่ของแหล่งจ่ายไฟ ในขณะที่เดียวกันค่าเฟส(phase) ของกระแสและแรงดันจะต่างกันขึ้นอยู่กับค่า R , C และ L ของวงจร จากรูปที่ 1.1 แรงดันคร่อมจุด a และ b จะมีค่าเป็น

$$V_{ab} = V_m \sin \omega t = R \frac{di}{dt} + L \frac{d^2i}{dt^2} + \frac{q}{C} \quad (1.1)$$



รูปที่ 1.1 วงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่ต่อ R , C และ L แบบอนุกรม

เมื่อหาอนุพันธ์ของสมการ (1.1) เทียบกับเวลา t จะได้ว่า

$$V_m \omega \cdot \cos \omega t = R \frac{di}{dt} + L \frac{d^2i}{dt^2} + \frac{i}{C} \quad (1.2)$$

สมการ (1.2) นี้คือ สมการอนุพันธ์ลำดับที่สองซึ่งมีคำตอบเป็น

$$i = \frac{V_m \sin(\omega t - \phi)}{\sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}} \quad (1.3)$$

โดยที่ ϕ คือมุมเฟส มีค่าเป็น

$$\phi = \tan^{-1} \left(\frac{\left[\omega L - \frac{1}{\omega C} \right]}{R} \right)$$

ซึ่งเป็นความแตกต่างเฟสระหว่าง i กับ V , กระแส i สูงสุดของวงจรคือ

$$I_m = \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C} \right)^2}} \quad (1.4)$$

ตัว C และ L ต่างมีสมบัติคล้ายกับตัวต้านทานตัวหนึ่งเรียกชื่อว่า reactance แทนสัญลักษณ์ X_C และ X_L โดยที่

$$X_C = \frac{1}{\omega C} \quad \text{และ} \quad X_L = \omega L$$

$$\omega L - \frac{1}{\omega C} = X_L - X_C = X$$

$$\sqrt{R^2 + X^2} = Z$$

ค่า Z นี้เรียกชื่อว่า อิมพีแดนซ์ (impedance)

จากสมการ (1.4) จะได้ว่า

$$I_m = \frac{V_m}{Z} \quad (1.5)$$

การกำหนดทางไฟฟ้าจะเกิดขึ้นเมื่อ $X = 0$ นั่นคือ

$$\omega L = \frac{1}{\omega C} \quad \text{หรือ} \quad \omega^2 = \frac{1}{LC} \quad (1.6)$$

เมื่อ $\omega = 2\pi f$

$$\omega^2 = (2\pi f)^2 = \frac{1}{LC}$$

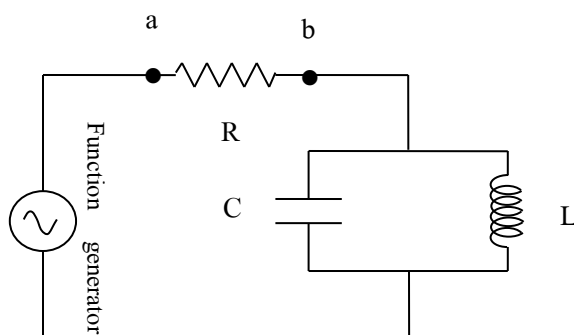
$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (1.7)$$

ถ้าให้เฟสเริ่มต้นเป็นศูนย์ ($\phi = 0$) จากสมการที่ 1.3 การกำหนดยอมจะให้ผลดังนี้คือ

$$i = \frac{V_m \sin \omega t}{R} \quad (1.8)$$

เรียกว่าเกิดการกำหนดยอมแบบอนุกรม (series resonance) และขณะเดียวกันนี้แรงดันไฟคร่อม R จะมีค่ามากที่สุด V_{\max}

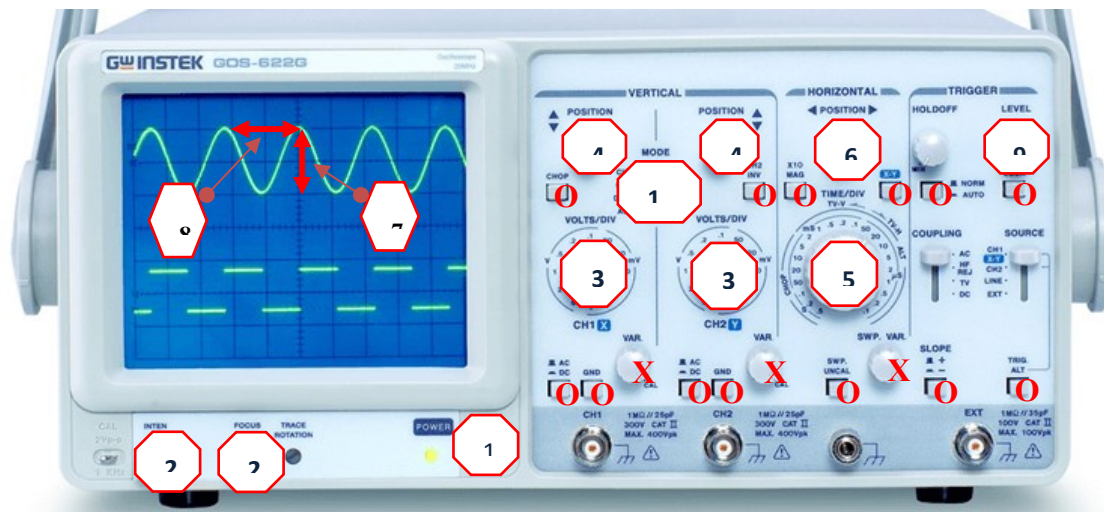
กรณีของวงจรในรูปที่ 1.2 ซึ่ง L และ C ต่อขนานกัน แรงดันไฟคร่อม R เมื่อเกิดการกำหนดยอมขึ้นจะมีค่าต่ำสุด V_{\min} การกำหนดยอมทางไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่าการกำหนดยอมแบบขนาน (parallel resonance) กรณีเช่นนี้ตรวจสอบได้โดยการวัดกระแส i ที่ไหลผ่าน R ซึ่งจะมีค่าน้อยที่สุด



รูปที่ 1.2 วงจร R L และ C แบบขนาน

การอ่านออสซิลโลสโคป

ออสซิลโลสโคปที่ใช้งานในการทดลองนี้คือออสซิลโลสโคป ยี่ห้อ GW Instek รุ่น GOS-622G ย่านความถี่ 20 MHz แบบ สองช่องสัญญาณ มีความไวในการวัด 1 mV/div ออสซิลโลสโคป รุ่น GOS-622G มีลักษณะและส่วนประกอบตามลำดับหมายเลข ดังนี้



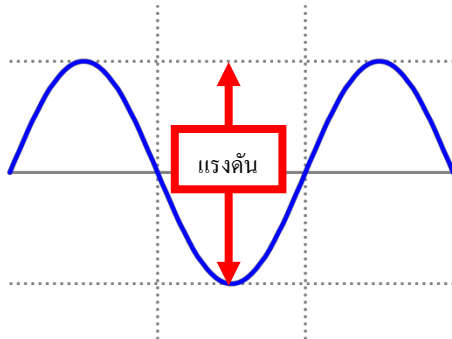
รูปที่ 1.3 รูปภาพตำแหน่งตัวเลข ประกอบการใช้งานออสซิลโลสโคป

หน้าที่ของสวิตช์ ปุ่มและขั้วต่อต่างๆ

| หมายเลข/ชื่อ | หน้าที่ |
|--------------------------|---|
| 1. Power | สวิตช์กด เปิด - ปิด |
| 2. Focus | ปุ่มปรับความคมชัดของเส้นที่แสดงบนจอภาพ |
| 3. ปุ่มปรับแรงดันต่อช่อง | ปรับให้ตำแหน่งกราฟหาง่ายต่อการทดลอง |
| 4. ปุ่มปรับตำแหน่งแกน y | ใช้ปรับตำแหน่งกราฟ ขึ้น - ลง |
| 5. ปุ่มปรับเวลาต่อช่อง | ปรับให้ตำแหน่งกราฟหาง่ายต่อการทดลอง |
| 6. ปุ่มปรับตำแหน่งแกน x | ใช้ปรับตำแหน่งกราฟ ซ้าย - ขวา |
| 7. การอ่านแรงดัน | อ่านแรงดันจากความสูงของกราฟ ตัวอย่างรูปที่ 5.4 |
| 8. การอ่านคาบเวลา | อ่านค่าคาบเวลาจากความกว้างของกราฟ 1 ลูกคลื่น ตัวอย่างรูปที่ 5.5 |
| 9. ปรับให้กราฟนิ่ง | ปรับไปประมาณกึ่งกลางเพื่อให้กราฟนิ่ง |
| 10. ช่องสัญญาณ | เลือกช่องสัญญาณให้ตรงกับวงจรที่ใช้ CH1 หรือ CH2 |
| (O) ปุ่มกดที่ไม่ใช้ | ให้กดขึ้นทั้งหมด |
| (X) ปุ่มหมุนที่ไม่ใช้ | ปรับหมุนไปทั้งขวาสุด |

ตัวอย่างการอ่านค่าแรงดัน

ในการอ่านค่าแรงดันให้อ่านจุดต่ำสุดถึงจุดสูงสุด ปรับปุ่ม 3-4-5-6 เพื่อให้อ่านกราฟง่ายได้ ตามความเหมาะสม

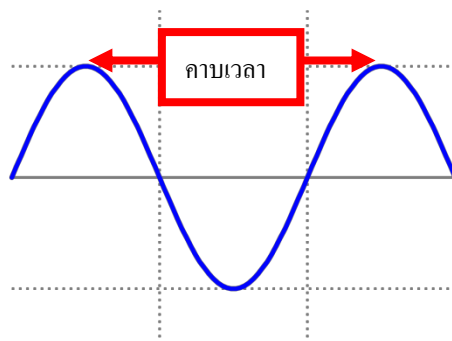


รูปที่ 1.4 ตำแหน่งการอ่านแรงดัน

ตัวอย่าง จากรูปนับได้ 2 ช่อง เมื่อปรับปุ่ม 3(Volts/DIV)ไปที่ตำแหน่ง 1 V จะได้ว่า แรงดัน = 2 ช่อง x 1 V = 2 Volt.

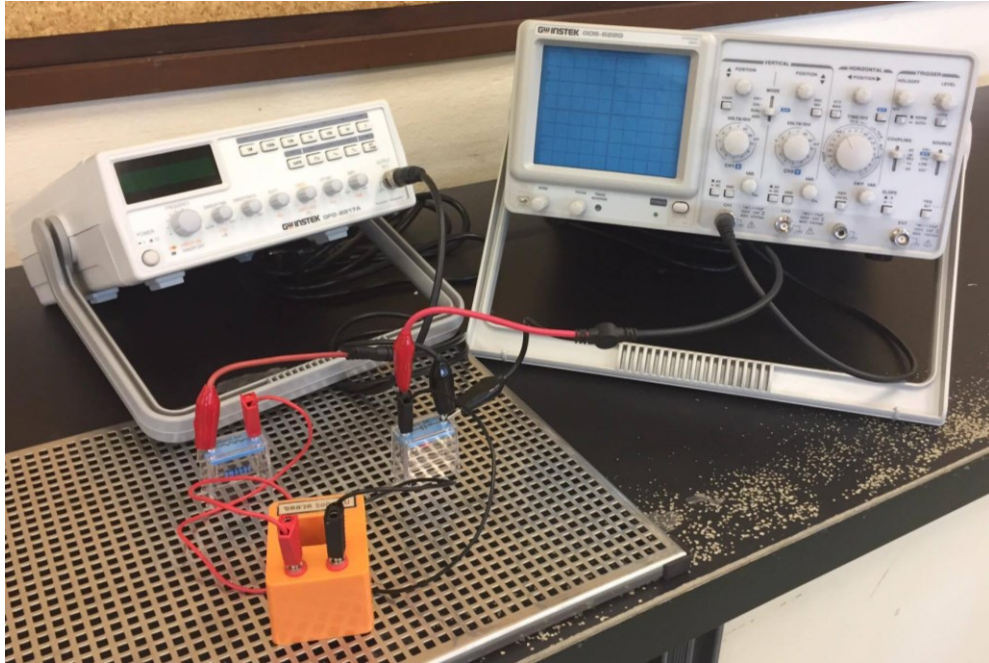
ตัวอย่างการคาบเวลา

ในการอ่านคาบเวลาให้อ่านจุดยอดกราฟถึงจุดยอดกราฟในตำแหน่งที่ติดกัน ปรับปุ่ม 3-4-5-6 เพื่อให้อ่านกราฟง่ายได้ ตามความเหมาะสม

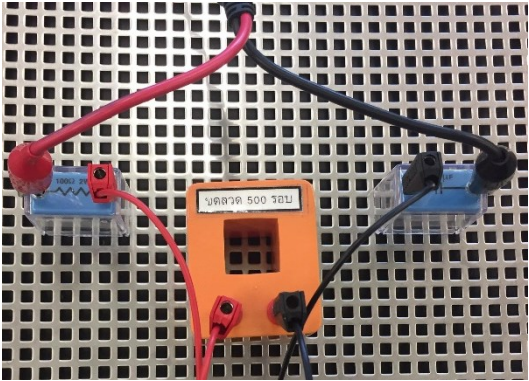
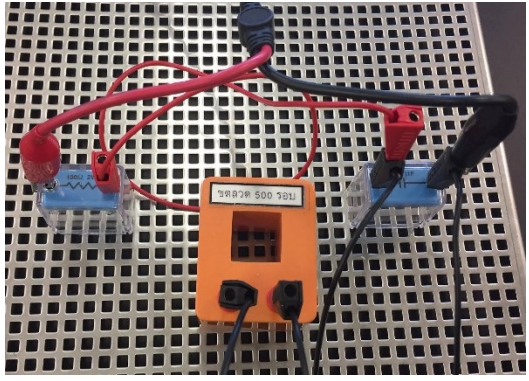


รูปที่ 1.5 ตำแหน่งการอ่านคาบเวลา

ตัวอย่าง จากรูปนับได้ 2 ช่อง เมื่อปรับปุ่ม 5 ไปที่ตำแหน่ง 20 μ s จะได้ว่า คาบเวลา(t) = 2 ช่อง x 20 μ s = 40 μ s.



รูปที่ 1.6 แสดงเครื่องมือการทดลองการกำหนดทางไฟฟ้า

| การต่อแบบอนุกรม | การต่อแบบขนาน |
|---|--|
|  |  |

รูปที่ 1.7 แสดงรูปการวางเครื่องมือสำหรับต่อวงจรแบบอนุกรมและแบบขนาน

อุปกรณ์

| | | |
|------------------------|---|---------|
| 1. ออสซิลโลสโคป | 1 | เครื่อง |
| 2. เครื่องกำเนิดสัญญาณ | 1 | เครื่อง |
| 3. ตัวต้านทาน | 2 | ค่า |
| 4. ตัวเก็บประจุ | 3 | ค่า |
| 5. ขดลวดเหนี่ยวนำ | 1 | ค่า |
| 6. สายไฟ | 5 | เส้น |

วิธีทำการทดลอง

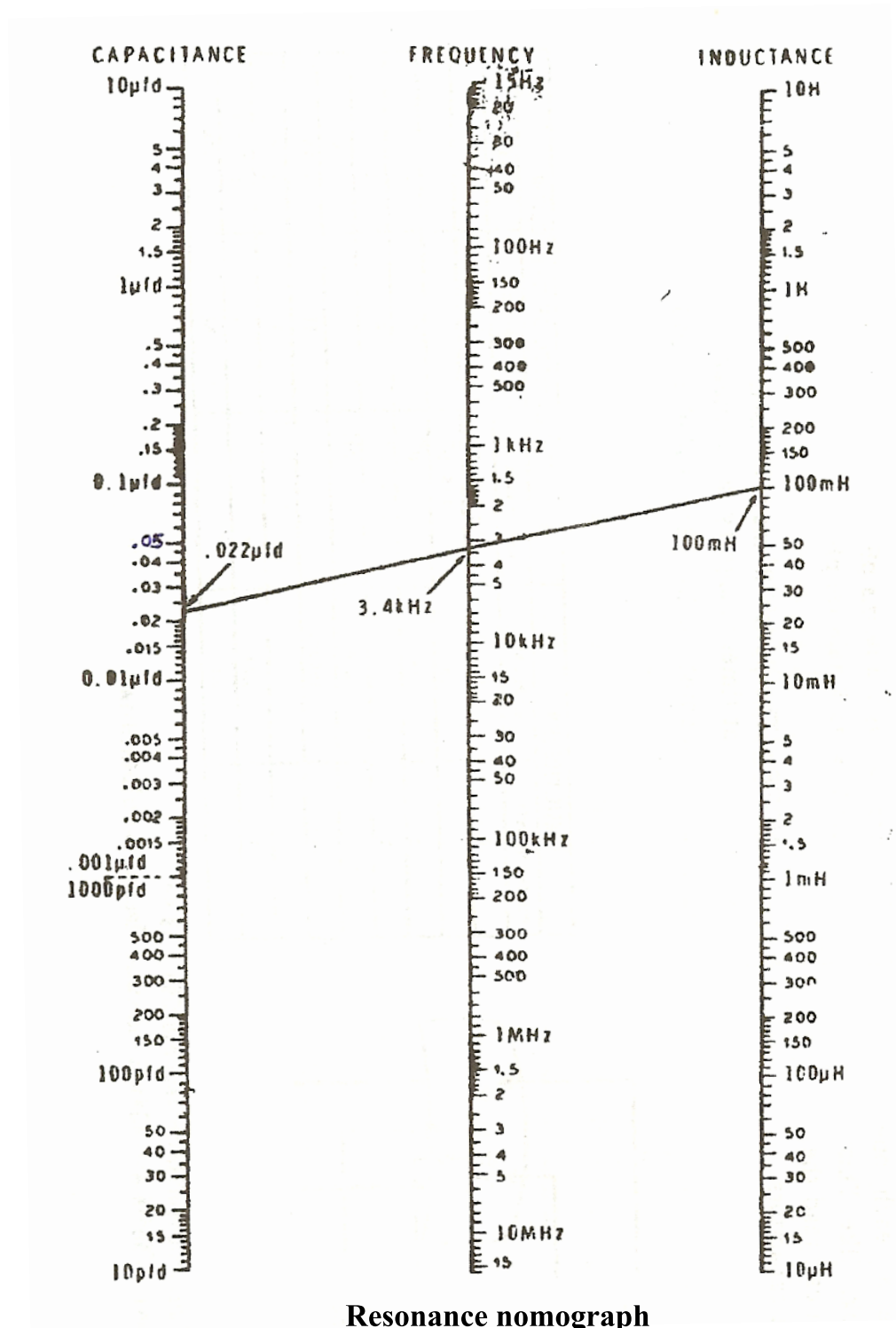
การกำหนดเมื่อต่อวงจร RLC แบบอนุกรม

- 1.1 นำตัวต้านทาน(R) ขดลวดเหนี่ยวนำ(L) และตัวเก็บประจุ(C) ต่อกันแบบอนุกรมกับเครื่องกำเนิดสัญญาณ ดังรูปที่ 1.1 ใช้สัญญาณแบบไซน์ โดยกดปุ่มของเครื่องกำเนิดสัญญาณไปที่สัญญาณแบบไซน์ (ไม่ต้องปรับปุ่มอื่น ๆ)
- 1.2 กำหนดสเกลของเครื่องกำเนิดสัญญาณโดยการหาความถี่กำหนดจากกราฟ (resonance nomograph) ให้ลากเส้นต่อระหว่างค่าของ L และ C เราก็จะทราบค่าของความถี่กำหนดได้ ใช้ค่านี้สำหรับกำหนดสเกลของเครื่องกำเนิดสัญญาณ
- 1.3 เปิดสวิทช์เครื่องออสซิลโลสโคป เลือกใช้เพียง channel 1 หรือ channel 2 เพียง 1 channel แล้ววัดค่าโวลต์คร่อมตัวต้านทาน R (จุด a และ b) โดยปรับตั้งสเกลของแรงดันไว้ค่าใดค่าหนึ่งให้เหมาะสม
- 1.4 ปรับสเกลความถี่ของเครื่องกำเนิดสัญญาณให้ใกล้เคียงกับความถี่ที่ได้จากข้อ 1.2 ทดลองเลื่อนเปลี่ยนค่าความถี่ เพื่อหาความถี่กำหนดจากออสซิลโลสโคป (จะได้แรงดันตกคร่อม R มีค่ามากที่สุด (จุดนี้จะเป็นจุดที่กราฟหรือค่าแรงดันมีค่ามากที่สุดเมื่อเราลองเปลี่ยนความถี่ต่างจากจุดนี้ไม่ว่าให้มากหรือน้อยค่าแรงดันจะลดลง) ถ้าไม่พบแสดงว่าต้องตั้งสเกลของเครื่องกำเนิดสัญญาณใหม่ โดยกลับไปตรวจสอบความถี่จาก resonance nomograph ใหม่จนกว่าจะได้ความถี่กำหนดอย่างคร่าว ๆ หรือตรวจสอบดูว่าวงจรต่อถูกหรือไม่ แล้วบันทึกความถี่กำหนดและแรงดันที่อ่านได้จากออสซิลโลสโคป
- 1.5 เมื่อพบความถี่กำหนดแล้ว จากนั้นให้เปลี่ยนความถี่ให้มีค่าต่ำกว่าจุดที่เกิดความถี่กำหนดประมาณ 5 ค่า และเปลี่ยนความถี่ให้มีค่ามากกว่าจุดที่เกิดความถี่กำหนดประมาณ 5 ค่า (ให้ประมาณช่วง

ความถี่ที่ทำการทดลองเองว่ามีค่าพอเหมาะ) ที่แต่ละค่าความถี่ ให้นำบันทึกค่าโวลต์ที่อ่านได้จากจอของออสซิลโลสโคป โดยตั้งสเกลของแรงดันไว้ที่ค่าใดค่าหนึ่งเมื่อต้องการจะอ่านค่าแรงดันจากจอออสซิลโลสโคป ส่วนสเกลของเวลาให้ปรับตามความเหมาะสม

- 1.6 การอ่านค่าแรงดันให้อ่านเป็นความสูงจากยอดถึงยอด (peak to peak) หรือจากจุดสูงสุดถึงจุดต่ำสุด
- 1.7 นำผลการทดลองมาเขียนกราฟระหว่างแรงดัน V (แรงดันกระแสสลับ) กับความถี่ f จากออสซิลโลสโคปโดยให้ความต่างศักย์(V) เป็นแกน y ความถี่(f) เป็นแกน x หาค่าความถี่กำหนดจากจุดสูงสุดหรือต่ำสุดของกราฟ
- 1.8 คำนวณหาค่าความถี่กำหนด โดยใช้สมการที่ 1.7
- 1.9 เปรียบเทียบผลที่ได้จากกราฟกับผลการคำนวณ

บันทึกผลการทดลองที่ 6
การคำนวณทางไฟฟ้า



การกำหนดค่าต่อวงจร RLC แบบอนุกรม

ตัวต้านทาน มีค่า R =100..... (..... Ω)

ขดลวดเหนี่ยวนำ มีค่า L =1.76..... (.....mH.....)

ตัวเก็บประจุ มีค่า C =0.047..... (..... μ F.....)

| ความถี่ f (...kHz.....) จากเครื่องกำเนิดความถี่ | ความถี่ f (...kHz.....) T (μ s) จากออสซิลโลสโคป | | ความต่างศักย์ V (โวลต์) |
|--|---|------|-------------------------|
| 7.5 | 145 | 6.9 | 0.052 |
| 9.5 | 115 | 8.7 | 0.068 |
| 11.5 | 98 | 10.2 | 0.086 |
| 13.5 | 84 | 11.9 | 0.104 |
| 15.5 | 72 | 13.8 | 0.120 |
| ความถี่กำหนด = 17.5 | 65 | 15.4 | 0.127 |
| 19.5 | 58 | 17.2 | 0.124 |
| 21.5 | 53 | 18.9 | 0.116 |
| 23.5 | 48 | 20.8 | 0.104 |
| 25.5 | 44 | 22.7 | 0.096 |
| 27.5 | 41 | 24.4 | 0.086 |

ความถี่กำหนดที่อ่านได้จาก Resonance nomograph = (.....)

ความถี่กำหนดที่ได้จากกราฟระหว่าง f กับ V : (f_{Resonance}) = (.....)

ความถี่กำหนดที่ได้จากการคำนวณ Resonance frequency : (f_{Resonance}) =17.5..... (.....kHz.....)

วิธีการคำนวณ

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$= \frac{1}{2\pi\sqrt{(1.76 \times 10^{-3}) \times (0.047 \times 10^{-6})}}$$

$$= 17.5 \text{ kHz}$$

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง